

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico K (Manufatti) Scheda tecnica elementi costruttivi Materiali da costruzione - Calcestruzzo	22 001-14130
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Risanamento del calcestruzzo	V2.02 01.01.2023
Divisione infrastruttura stradale I		Pagina 1 di 6

1. Basi principali

- | | |
|-------------------------------|---|
| - SIA 262 | Costruzioni di calcestruzzo |
| - SIA 262/1 | <i>Betonbau – Ergänzende Festlegungen</i> |
| - SIA 269 | Basi per la conservazione delle strutture portanti |
| - SIA 269/2 | Conservazione delle strutture portanti – Costruzioni in calcestruzzo |
| - SIA 469 | Conservazione delle costruzioni |
| - SIA 2052 (quaderno tecnico) | Calcestruzzo fibrorinforzato ad altissime prestazioni (CFAP)
<i>Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB)</i> |
| - SN 640 450 | <i>Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken – Systemaufbauten, Anforderungen und Ausführung</i> |
| - SN EN 206 | <i>Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität</i> |
| - SN EN 1504 | <i>Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Güteüberwachung und Beurteilung der Konformität:</i> |
| - Teil 1: | <i>Definitionen</i> |
| - Teil 2: | <i>Oberflächenschutzsysteme für Beton</i> |
| - Teil 3: | <i>Statisch und nicht statisch relevante Instandsetzung</i> |
| - Teil 7: | <i>Korrosionsschutz der Bewehrung</i> |
| - Teil 9: | <i>Allgemeine Grundsätze für die Anwendung von Produkten und Systemen</i> |
| - Teil 10: | <i>Anwendung von Stoffen und Systemen auf der Baustelle, Qualitätsüberwachung der Ausführung</i> |
| - Document. USTRA n. 82013 | Reazione alcali-aggregati (RAA)
<i>(Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR))</i> |
| - AGB 665 | <i>Wirksamkeit und Prüfung der Nachbehandlungsmethoden von Beton</i> |
| - AGB 672 | <i>Ermittlung und Kartierung des Chloridgehalts in Brückenfahrbahnplatten mittels Georadaruntersuchungen</i> |
| - AGB 677 | <i>Methode zur Bestimmung des kritischen Chloridgehalts an bestehenden Stahlbetonbauwerken</i> |

2. Contenuti dell'offerta

Se nell'offerta non sono previste posizioni speciali, le prestazioni per i seguenti lavori sono da includere nei prezzi unitari e globali:

- Esecuzione dei lavori a tappe.
- Pulizia sommaria.
- Raccolta, rispettivamente evacuazione, delle acque derivanti da lavori di perforazione ed idrodemolizione, compresi i necessari bacini di decantazione. Trattamento ed evacuazione delle acque sono da eseguire conformemente alla legislazione in vigore.
- Impermeabilizzazione provvisoria di aperture e giunti.
- Messa in atto, conformemente alle prescrizioni in vigore, di tutti i provvedimenti necessari alla sicurezza del traffico, alla protezione dei corsi d'acqua, ecc. durante tutti i lavori, in particolare nel caso di sabbiature, idrodemolizioni ed applicazioni di calcestruzzo spruzzato.
- Misure di protezione contro le intemperie.
- Difficoltà dovute alla presenza di condotte, cavi di precompressione, spazi di lavoro limitati, ecc.
- Prelievo di provini per il controllo della qualità in cantiere.
- Ponteggi di lavoro e protezioni necessarie all'esecuzione dei lavori offerti.

In principio è compito dell'impresario garantire e provare in qualsiasi momento il rispetto delle esigenze di qualità richieste dal committente. I costi che ne derivano sono da integrare nei rispettivi prezzi unitari.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico K (Manufatti) Scheda tecnica elementi costruttivi Materiali da costruzione - Calcestruzzo	22 001-14130
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Risanamento del calcestruzzo	V2.02 01.01.2023
Divisione infrastruttura stradale I		Pagina 2 di 6

Controlli di qualità supplementari ordinati dal committente sono indennizzati solamente se i risultati delle prove risultano positivi e permettono di dimostrare che i criteri di qualità richiesti dal committente sono rispettati.

Ulteriori condizioni specifiche del manufatto sono da trattare nel piano di controllo.

3. Zone danneggiate

La localizzazione delle zone danneggiate avviene tramite indagini ed analisi tecnologiche dei materiali. La determinazione delle superfici da asportare viene effettuata dal progettista in collaborazione con la direzione lavori e il committente. Quanto deciso viene formalizzato dalla direzione lavori in un apposito piano di demolizione. L'esecuzione dei lavori sottostà alle ~~direttive~~ istruzioni della direzione lavori.

Faccia superiore della soletta di copertura:

Durante le fasi di progetto, le indagini per determinare lo stato della soletta portante e l'entità degli interventi saranno effettuate tramite sondaggi puntuali o con un metodo non distruttivo appropriato (misura della conduttività tramite Georadar).

Durante i lavori, le zone della soletta portante da risanare saranno determinate mediante misure del potenziale su tutta la superficie del calcestruzzo, nonché mediante il prelievo di campioni per determinare il tenore di cloruri a livello dell'armatura presso le varie zone caratteristiche della soletta.

Valutazione della percentuale di superficie della soletta di copertura da risanare:

- Metodo 1: rilievo con Georadar (*giustificato, in maniera generale, per superfici importanti*)

Sulla base dei risultati delle misure, evidenziare le aree contaminate da cloruri con poligoni e valutarne la percentuale.

- Metodo 2: finestre di sondaggio puntuali o carote.

Possibilità di stimare la percentuale di superficie da risanare nel modo seguente (legge di Laplace):

$$S_{cl} [\%] = (c + 1) 100 / (n + 2)$$

con :

c [-] = numero di sondaggi (finestre o carote) presso i quali il tenore di cloruri è superiore a 0,4% M%/cemento a livello dell'armatura.


n [-] = numero di sondaggi realizzati.

$S_{cl} [\%]$ = percentuale della superficie di piattabanda da risanare.

Questa percentuale deve essere ponderata in base alle condizioni della pavimentazione e dell'impermeabilizzazione, nonché all'ubicazione dei sondaggi.

4. Pulizia della struttura

Una pulizia generalizzata della struttura con una pressione di 100 - 150 bar (= 10 - 15 MPa) non deve essere effettuata sistematicamente ma solo per le superfici caratterizzate da depositi (sporcizia, schiuma, ecc.) o per le superfici destinate a ricevere un sistema di protezione secondo il capitolo 7.4.5 della norma SIA 269/2 e art. 7.2.2 della norma EN 1504-10.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico K (Manufatti) Scheda tecnica elementi costruttivi Materiali da costruzione - Calcestruzzo	22 001-14130
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Risanamento del calcestruzzo	V2.02 01.01.2023
Divisione infrastruttura stradale I		Pagina 3 di 6

5. Rimozione della pavimentazione e dell'impermeabilizzazione

La rimozione della pavimentazione e dell'impermeabilizzazione va eseguita in maniera accurata evitando azioni meccaniche significative sulla superficie del calcestruzzo. La rimozione non deve arrecare danni alla struttura del calcestruzzo in superficie. Per parti d'opera portanti vanno considerati gli aspetti statici e dinamici.

Se l'impermeabilizzazione non viene completamente rimossa, il raccordo tra l'impermeabilizzazione esistente e quella nuova va garantito con adeguati provvedimenti.

6. Rimozione del calcestruzzo

- Tutte le situazioni temporanee di lavoro che possono rappresentare un potenziale pericolo per il cantiere, per il traffico stradale, i pedoni o il traffico ferroviario devono essere preavvisate favorevolmente dalla direzione lavori. Le necessarie verifiche ed i relativi piani devono essere consegnati dall'imprenditore tempestivamente, almeno 2 settimane prima dell'inizio dei lavori di rimozione del calcestruzzo. L'imprenditore è responsabile del processo di demolizione.
- Le prescrizioni indicate nel capitolo 7.4.2 della norma SIA 269/2 devono essere rispettate. Il calcestruzzo non deve essere rimosso come misura preventiva, ma solo a causa di un deterioramento locale avanzato. La rimozione deve essere limitata allo stretto necessario (EN 1504-10 cap. 7.2.5 a).
- Le zone soggette a carbonatazione sono da trattare nella maniera seguente:
 - Misurare il fronte di carbonatazione, confrontarlo con il copriferro dell'armatura (stima dell'evoluzione secondo la legge di Fick o altra) e determinare se la corrosione è attiva.
 - Valutare il principio ed il metodo appropriato* secondo la tabella 5 della norma SIA 269/2 e secondo le norme SN EN 1504-1 a 1504-10.

* Prestare attenzione in caso di calcestruzzo con rischio di RAA, per il quale un rivestimento protettivo non è raccomandato. In questo caso, il metodo di protezione dovrà essere validato coinvolgendo uno specialista RAA.

- Le zone contraddistinte da un tenore di cloruri $\leq 0,4\%$ M%/cemento a livello dell'armatura non richiedono, in linea di principio, il ripristino del calcestruzzo.
- Le zone contraddistinte da un tenore di cloruri $> 0,4\%$ M%/cemento a livello dell'armatura non richiedono automaticamente il ripristino del calcestruzzo, ma devono essere oggetto di uno studio dettagliato. Questo valore critico deve essere adeguato secondo il paragrafo 6.3.4 della norma SIA 269/2. A seconda dell'impatto economico del risanamento di una particolare struttura, si può prendere in considerazione una definizione specifica all'oggetto del contenuto critico di cloruri mediante un'analisi dettagliata da parte di un laboratorio specializzato (AGB 677).
- La rimozione del calcestruzzo va di principio eseguita tramite idrodemolizione con lancia, per non danneggiare il calcestruzzo che rimane in opera. L'idrodemolizione con l'utilizzo di un robot è più invasiva e necessita l'accordo della direzione lavori a seconda del tipo di superficie da trattare. In un'ultima fase vanno rimosse con idrodemolizione (800 bar) le parti di calcestruzzo desolidarizzate.
- I cavi di precompressione non devono venir liberati.
- Le armature vanno liberate fino ad una profondità massima pari a $\frac{2}{3}$ del diametro della barra. Per spessori di rimozione maggiori va prevista una completa liberazione dell'armatura. In quest'ultimo caso va garantito uno spazio libero dietro ai ferri di armatura che permetta, tenuto conto della granulometria del calcestruzzo o della malta di bonifica, una corretta messa in opera della riprofilatura. In nessun caso la sicurezza strutturale deve essere compromessa dalla rimozione del calcestruzzo (si veda SN 1504-10, 7.2.5 b). Una presenza attiva del DLT è necessaria per convalidare gli interventi.
- Gli spessori di rimozione prescritti sono da rispettare e controllare in permanenza. Eventuali discrepanze vanno segnalate immediatamente alla direzione lavori.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico K (Manufatti) Scheda tecnica elementi costruttivi Materiali da costruzione - Calcestruzzo	22 001-14130
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Risanamento del calcestruzzo	V2.02 01.01.2023
Divisione infrastruttura stradale I		Pagina 4 di 6

7. Incidenza delle vibrazioni sull'aderenza al supporto della malta o del calcestruzzo in giovane età

Le vibrazioni della piattabanda indotte dal traffico stradale o da altre cause durante i lavori di risanamento sotto traffico possono portare a problemi di indebolimento dell'aderenza al supporto, a dipendenza della frequenza di vibrazione. Ciò è valevole in particolar modo per i lavori di riprofilamento dell'intradosso.

Delle misure in situ delle vibrazioni sono raccomandate nei casi di strutture particolarmente sensibili, quali ad esempio ponti in costruzione mista particolarmente slanciati o mensole di dimensioni importanti.

Valori di vibrazione ammissibili (velocità e spostamento verticale delle vibrazioni) permettono di evitare effetti negativi sul calcestruzzo in giovane età, nel caso di un nuovo elemento collegato ad un elemento strutturale esistente o di una ristrutturazione:

Classe di rischio dei lavori di getto del calcestruzzo e descrizione		Velocità ammissibile	Spostamento ammissibile
Nuovo calcestruzzo collegato ad una parte d'opera esistente, o risanamento	CR1 : malta o calcestruzzo posato sull'estradosso	$v \leq 20 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.6 \text{ mm}$
	CR2 : calcestruzzo gettato lateralmente (allargamento di una mensola, cordoli, parapetti)	$v \leq 15 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.5 \text{ mm}$
	CR3 : collegamento tra due elementi esistenti (per es. getto di riempimento di un giunto di clavaggio)	$v \leq 10 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.3 \text{ mm}$
	CR4 : malta o calcestruzzo posato sull'intradosso	$v \leq 5 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.2 \text{ mm}$
CR1 à CR4 :	resistenza alla compressione del calcestruzzo in giovane età * $\geq 5 \text{ N/mm}^2$	$v \leq 50 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.6 \text{ mm}$
	resistenza alla compressione del calcestruzzo in giovane età * $\geq 10 \text{ N/mm}^2$	$v \leq 100 \text{ mm/s}$	$w \leq 0.6 \text{ mm}$

* Calcestruzzo in giovane età: calcestruzzo non ancora scassero e con trattamento di cura non ancora effettuato.

Se i valori ammissibili vengono superati, il primo passo è quello di considerare una riduzione o eliminazione delle vibrazioni (ad esempio tramite un cambiamento nella gestione del traffico o una modifica degli orari).

8. Protezione contro la corrosione

Una protezione dell'armatura contro la corrosione può essere applicata. In questo caso, solo un rivestimento contenente dei pigmenti attivi è autorizzato, secondo i principi della norma SN EN 1504-9 (metodo 11.1, tabella 6 della norma SIA 269/2).

Le esigenze per la protezione contro la corrosione sono:

- Grado di preparazione dell'armatura: Sa 2½
- Materiale di rivestimento legato con cemento
- Applicazione senza pori né bolle.

9. Trattamento preliminare del supporto

La superficie da riprofilare va di regola mantenuta umida in maniera permanente durante le 24 ore precedenti la posa della malta o del calcestruzzo.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico K (Manufatti) Scheda tecnica elementi costruttivi Materiali da costruzione - Calcestruzzo	22 001-14130
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Risanamento del calcestruzzo	V2.02 01.01.2023
Divisione infrastruttura stradale I		Pagina 5 di 6

Prima della messa in opera della malta o del calcestruzzo va rimossa l'eventuale acqua in eccedenza con aria compressa esente da olio.

Le superfici preparate vanno approvate e accettate dalla direzione lavori.

La qualità di resistenza del supporto può essere determinata tramite prove di adesione per trazione.

Il pretrattamento prescritto dal fabbricante del prodotto va rispettato scrupolosamente.

10. Sostituzione del calcestruzzo

L'impiego di calcestruzzo fibrorinforzato ad altissime prestazioni (CFAP) conforme al quaderno tecnico SIA 2052 può essere ammesso solo previo accordo dello specialista manufatti del supporto tecnico USTRA.

Gli effetti patchwork multipli dovrebbero essere evitati (durabilità, estetica).

Il Progettista deve prevedere nel capitolato d'appalto delle posizioni relative al riprofilamento di piccole superfici con malta e a quello di superfici più importanti con un calcestruzzo di granulometria adeguata (D_{\max} 8 per esempio). Vanno previsti dei campi di prova.

Le malte e i calcestruzzi prodotti presso una centrale dovranno essere trasportati tramite autobetoniere. Il materiale fornito dovrà venir miscelato prima del trasporto al cantiere (secondo le direttive del fornitore). La miscelazione durante il trasporto non è consentita.

La malta o il calcestruzzo applicata deve di principio rispettare le prescrizioni della norma SN EN 1504-3, in particolare della tabella NA.2.


Aderenza:

- Per un risanamento strutturale (malte di classe R3 o R4), l'aderenza della malta o del calcestruzzo, misurata in situ, sarà $\geq 1,5$ MPa (prova 35 secondo tabella 5 della norma SN EN 1504-10).
- Per un risanamento non strutturale, l'aderenza della malta o del calcestruzzo, misurata in situ, sarà $\geq 0,7$ MPa (prova 35 secondo tabella 5 della norma SN EN 1504-10).
- Nel caso sia prevista la posa di un'impermeabilizzazione in MIBP, le malte o il calcestruzzo utilizzati devono essere resistenti al calore e garantire, dopo la fiammatura, una resistenza media all'adesione per trazione sul calcestruzzo esistente (dopo 28 giorni) di almeno 1.5 N/mm^2 (valore minimo assoluto 1.0 N/mm^2). È lecito ammettere che i valori della resistenza all'adesione per trazione dopo 7 giorni corrispondano all'80% dei valori a 28 giorni.

Copriferro delle armature:

Il copriferro delle armature situate in corrispondenza delle zone riprofilate con malta o calcestruzzo deve rispettare i valori nominali secondo la tabella 18 della norma SIA 262, in funzione della classe di esposizione. Conformemente all'art. 5.8.2 della norma SIA 262, è possibile, in alcuni casi specifici, ridurre questi valori in caso di posa di un sistema di protezione della superficie.

Nel caso di un ripristino della soletta di copertura che prevede la posa di un'impermeabilizzazione conforme alla norma SN 640 450, il copriferro dell'armatura passiva sarà pari a $c_{\min} \geq \max [20 \text{ mm}, \varnothing \text{ dell'armatura sollecitata}]$.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico K (Manufatti) Scheda tecnica elementi costruttivi Materiali da costruzione - Calcestruzzo	22 001-14130
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Risanamento del calcestruzzo	V2.02 01.01.2023
Divisione infrastruttura stradale I		Pagina 6 di 6

11. Strutture ibride (Verbundbauteile)

Al fine di evitare la formazione prematura di fessure traversanti negli elementi ibridi, si provvederà a limitare la differenza di temperatura tra il nuovo calcestruzzo (temperatura massima durante l'idratazione) ed il suo supporto, in particolar modo quando il getto del calcestruzzo avviene a bassa temperatura (si veda a tale proposito il rapporto di ricerca AGB 563 "Comportamento precoce del calcestruzzo e limitazione delle fessurazioni traversanti nelle strutture ibride").

12. Post-trattamento

Le indicazioni della norma SIA 262, art. 6.4.6, sono da considerare e ritenere quali esigenze minime (si veda norma SIA 269/2, art. 7.4.1.7).

Su tale base, le superfici riprofilate con malta o le superfici di nuovi elementi in calcestruzzo vanno coperte con fogli in plastica o mediante materassini isolanti per almeno 7 giorni.

Il post-trattamento prescritto dal fabbricante del prodotto deve essere obbligatoriamente rispettato.

Prodotti applicati a spruzzo (curing) non sono generalmente ammessi. Eventuali eccezioni possono essere ammesse, ma devono essere adeguatamente giustificate.